

## EXPERIÊNCIAS E PROPOSIÇÕES DA REDE REHIDRO: O DESAFIO DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS EM ÁREAS DE ESCASSEZ

*Abelardo Antônio de Assunção Montenegro<sup>1\*</sup> Suzana Maria Gico Lima Montenegro<sup>2</sup> Ricardo de Aragão<sup>3</sup> Robertson Valério de Paiva Fontes Júnior<sup>6</sup> Albert Einstein de Moura<sup>7</sup>*

**Resumo** – As redes cooperativas de pesquisa científicas e tecnológicas estão voltadas para à geração de conhecimentos e inovação. A implementação destas para pesquisas hidrológicas no semiárido e no cerrado brasileiro é uma necessidade, por estes serem biomas de grande importância e como também detentores das nascentes de importantes rios do Brasil. O objetivo deste trabalho é apresentar os avanços da rede realizando um comparativo entre as bacias e instrumentações empregadas nos seus respectivos monitoramentos, e perspectivas de investigações compartilhadas no âmbito da experimentação hidrológica e da modelagem.

**Palavras-Chave** – semiárido, REHISA, monitoramento hidrológico.

## EXPERIENCES AND PROPOSALS REHIDRO NETWORK: THE CHALLENGE OF WATER RESOURCES MANAGEMENT IN AREAS OF SHORTAGE

**Abstract** – The cooperative networks of scientific and technological research are focused on the generation of knowledge and innovation. The implementation of these for hydrological research in the Brazilian's semiarid and Cerrado is a necessity for these biomes are of great importance and as well as holders of the headwaters of major rivers of Brazil. The objective of this paper is to present advances in network performing a comparison between the basins and instrumentation employed in their respective monitoring procedures, and the perspectives toward joint investigations upon hydrological experimentation and modelling.

**Keywords** – semiarid, REHISA, hydrological monitoring

### INTRODUÇÃO

As redes cooperativas de pesquisa científicas e tecnológicas estão voltadas para à geração de conhecimentos e inovação. A implementação destas para pesquisas hidrológicas no semiárido e no cerrado brasileiro é uma necessidade, por estes serem biomas de grande importância e como também detentores das nascentes de importantes rios do Brasil.

As pesquisas em pequenas bacias são de grande importância para estudos interdisciplinares de mudanças climáticas e uso e ocupação dos solos. Shumman et al. (2010) verificaram que as redes de

<sup>1</sup> Prof. da Universidade Federal Rural de Pernambuco – PE, Av. Dom Manoel de Medeiros, S/N, Dois Irmãos, Recife, CEP 52171-900. e-mail: [abelardo.montenegro@yahoo.com.br](mailto:abelardo.montenegro@yahoo.com.br);

<sup>2</sup> Prof. da Universidade Federal de Pernambuco – PE, Av. Prof. Moraes Rego, 1235 – Cidade Universitária, Recife, CEP 50670-901, e-mail: [suzanam.ufpe@gmail.com](mailto:suzanam.ufpe@gmail.com)

<sup>3</sup> Prof. da Univ. Federal de Sergipe - SE, Av. Marechal Rondon, s/n Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, 49100-000; e-mail: [ricardoaragao@yahoo.com](mailto:ricardoaragao@yahoo.com);

<sup>4</sup> Prof. da Universidade de Brasília - DF, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília, CEP 70910-900; e-mail [skoide@unb.br](mailto:skoide@unb.br)

<sup>5</sup> Prof. da Universidade Federal de Alagoas – AL, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Maceió, CEP 57072-900, e-mail: [cfsouza.ufal@gmail.com](mailto:cfsouza.ufal@gmail.com)

<sup>6</sup> Aluno de Doutorado de Programa de Pósgraduação em Eng. Agrícola - Universidade Federal Rural de Pernambuco – PE, Av. Dom Manoel de Medeiros, S/N, Dois Irmãos, Recife, CEP 52171-900, e-mail: [rr\\_fontes@hotmail.com](mailto:rr_fontes@hotmail.com)

<sup>7</sup> Pós-Doutorando em Recursos Hídricos – Universidade Federal de Pernambuco – PE, , Av. Prof. Moraes Rego, 1235 – Cidade Universitária, Recife, CEP 50670-901, e-mail: [Albert\\_ufrpe@hotmail.com](mailto:Albert_ufrpe@hotmail.com)

pequenas bacias são importantes ferramentas para vários tipos de estudo, por exemplo, validação de modelos de grande escala, avaliação dos aspectos sócio-econômicos do ciclo hidrológico, identificação de tendências e mudanças nas respostas dos regimes de escoamento e dos ecossistemas devido as atividades antrópicas e variabilidade climática.

Pesquisadores de Universidades do Nordeste compreendendo esta necessidade realizaram em João Pessoa, PB, em maio de 2001, o I Workshop em Recursos Hídricos do Nordeste e durante este evento surgiu a Rede de Hidrologia do semiárido-REHISA. No II Workshop de Recursos Hídricos do Nordeste realizado em Recife, PE, em junho de 2001, decidiu-se pela realização de pesquisas e estudos hidrológicos em bacias experimentais localizadas em diversos estados do Nordeste, criando assim o primeiro projeto da rede REHISA, o Projeto de Implantação de Bacias Experimentais do Semiárido – IBESA. O projeto IBESA resultou na cooperação das seguintes universidades: UFPB e UFCG – PB; UFPE e UFRPE – PE; UFRN – RN; UFC – CE; UFBA – BA; UFAL – AL. Posteriormente, os estudos foram ampliados para escala representativa, possibilitando estudos de gestão de recursos hídricos, em bacias de centenas de quilômetros quadrados, através do projeto BEER (Bacias experimentais e representativas).

Atualmente a sub-rede denominada REHIDRO, inserida na REHISA, está atuando de modo conjunto e buscando compartilhamento de metodologias, sendo composta pelas universidades: UFPE, UFRPE, UFAL, UnB e UFS. Esta rede tem buscado o desenvolvimento de estudos conjuntos, e fortalecer parcerias científicas e tecnológicas com apoio da FINEP, com o intuito de buscar o desenvolvimento, o aprimoramento e a difusão de técnicas para a manutenção dos ambientes e melhor aproveitamento dos recursos de água e solo em áreas sob escassez.

O objetivo deste trabalho é apresentar os avanços da rede realizando um comparativo entre as bacias e instrumentações empregadas nos seus respectivos monitoramentos, e discutir planejamentos futuros.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Para atender aos objetivos citados cada instituição da subrede (UFPE, UFRPE, UFAL, UnB e UFS) selecionou na sua área de atuação uma bacia representativa para os estudos. Neste artigo, são discutidas as seguintes: UFS - Bacia do Rio Japartuba; UFPE - Bacia do Rio Tapacurá; UFRPE - Bacia do Alto Rio Ipanema.

a) A bacia hidrográfica do Rio Japaratuba (Latitude 10°13' a 10°47' S e Longitude 36°49' a 37°19' W) é uma das seis grandes bacias que compõe o Estado de Sergipe, é a única completamente inserida neste Estado, possui uma área de 1688 km<sup>2</sup> e o rio principal tem uma extensão de 94 km (Figura 1). A bacia tem sido fortemente impactada ao longo dos anos tanto por atividades de extrativismo (petróleo, potássio, gás natural) como por atividades agropecuárias (criação de gado, plantação de milho, feijão, laranja e cana-de-açúcar).

O rio Japaratuba tem seus tributários principais originando-se na porção semiárida e agreste da bacia (inseridas no polígono da seca). Suas nascentes estão na serra da Boa Vista no município de Feira Nova (SE), em uma altitude pouco superior a 240 m, distante aproximadamente 10 km da cidade de Graccho Cardoso. A partir daí, percorre 94 km, com uma declividade de 2,6 m/km, até a sua foz no oceano Atlântico, entre os municípios de Pirambu e Barra dos Coqueiros, onde se liga à foz do rio Sergipe através do canal do rio Pomonga, originando a ilha de Santa Luzia. O Rio Japartuba tem como principais afluentes os rios Siriri, Mocambo, Riachão e Lagartixo, pela margem direita e os rios Japaratuba Mirim, Cajueiro e Cagambá, pela margem esquerda (Fontes, 1997, SEMARH, 2011; Aragão et al., 2010).

A bacia é composta das sub-bacias dos rios Japarutuba (54% da área total), Siriri (23,37% da área total) e Japarutuba-Mirim (aproximadamente 20% da área total). O período chuvoso encontra-se assim descrito: litoral úmido (precipitação média anual de 1000 a 1400 mm; período chuvoso entre abril e agosto), agreste (precipitação média anual de 700 a 900 mm; período chuvoso entre abril e agosto), semi-árido (precipitação média anual de 400 a 700 mm; período chuvoso entre janeiro e maio). A temperatura média anual é de 25 °C e umidade relativa do ar é de aproximadamente de 74 % (Figuras 2 e 3).

O monitoramento hidrológico é feito através de cinco estações fluviométricas operadas pela Agência Nacional de Águas (ANA) via a Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM), Tabelas 1 e 2. O monitoramento climatológico é feito através de 11 estações pluviométricas convencional, uma estação climatológica convencional operada pela ANA, três pluviômetros automáticos operados pela CEMES-SE/CPTEC-INPE, uma estação agrometeorológica operada pela CEMES-SE/CPTEC-INPE e dois pluviômetros automáticos instalados via projeto AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DAS AÇÕES ANTRÓPICAS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS NUMA BACIA DO ESTADO DE SERGIPE - Edital 02/2006 – Universal - MCT/CNPq - Processo N°. 477467/2006-7.

Da área total da bacia, 9,63% pertencem à região semiárida, 30,18 % a porção litoral úmido e 60,17 % estão localizadas no agreste. Aragão e Almeida (2009) constataram que, da cobertura vegetal original, apenas 8% ainda permanecem. O mesmo estudo mostra que a área de pastagem ocupa um total de 32,51 % do total e a área relativa ao cultivo ocupa 41,5% do total. Os municípios de Capela e Japarutuba também tiveram como foco a lavoura, principalmente cana-de-açúcar decorrente da recentemente expansão da indústria sucro-alcooleira. No interior desta bacia existem duas barragens superficiais (Cumbe e Pirangi) cuja água tem sido contaminada pelos efluentes domésticos e também pelas atividades dos pequenos produtores da região. As manchas de solo encontradas nesta bacia são do tipo vertisolos, solos hidromórficos, solos arenoquartzosos profundos, solos aluvionais, solos podzólicos vermelho amarelo e latosol vermelho amarelo. A bacia do Rio Japarutuba abrange, em parte ou no todo, os territórios de vinte municípios sergipanos.

Várias atividades humanas são realizadas na bacia, mas o extrativismo (petróleo, potássio e gás natural) a agricultura (laranja, cana de açúcar, coco, algodão) e a pecuária são predominantes. A região tem tradição na criação de gado e na agricultura de cana-de-açúcar/algodão, mas, a partir de 1961, foi dado início a exploração de petróleo e gás, sendo esta bacia uma das grandes produtoras de petróleo do Brasil (Fontes, 1997; SEMARH, 2011).

No presente, tem-se efetuado coletas de água e solo nos locais das estações fluviométricas e em outros estrategicamente escolhidos. Além disso, tem-se analisado o comportamento hidrológico da bacia via modelo hidrossedimentológico de base física (modelo SWAT) contemplando diversos cenários de uso e ocupação do solo visando caracterizar a qualidade da água da bacia ao longo do espaço e do tempo e os impactos causados pelas ações antrópicas. A inserção do grupo da UFS/EMBRAPA na REHISA tem sido valiosa visto que experiências sobre métodos, processos e resultados são discutidos para posterior aplicação a cada realidade. A parceria entre os pesquisadores da Universidade Federal de Sergipe e da Embrapa tabuleiros costeiros tem produzido diversas informações muito úteis para o bom entendimento dos processos hidrossedimentológicos que ocorrem nesta bacia.

Tabela 1 – Resultados da análise do regime de escoamento na bacia do rio Japaratuba.

Estação Curso d'água	Japaratuba Japaratuba	Fz. Pão de Açúcar Japaratuba Mirim	Fz. Cajueiro Japaratuba Mirim	Siriri Siriri	Rosário do Catete Siriri
Número de anos	1969-1993	1973-1993	1973-1993	1973-1993	1973-1993
Vazões (m <sup>3</sup> /s)					
Média	3,94	0,66	1,70	0,81	3,29
Q95	0,43	0,06	0,37	0,34	0,54
Qmin 7 dias	0,42	0,06	0,33	0,33	0,45
Q7,10	0,08	0,02	0,21	0,14	0,09
Qespecífica (l/s/km <sup>2</sup> )	4,83	3,30	5,41	5,08	10,89

Fonte: SEMARH (2011)

Tabela 2 – Potencial hídrico superficial da bacia do rio Japaratuba.

Vazão média (m <sup>3</sup> /s)	Potencial anual (106 m <sup>3</sup> / ano)	Qmin 7 dias (m <sup>3</sup> /s)	Potencial anual (106 m <sup>3</sup> / ano)	Q7,10 (m <sup>3</sup> /s)	Potencial anual (106 m <sup>3</sup> / ano)
10,60	334,3	1,129	35,6	0,215	6,8

Fonte: SEMARH (2011)

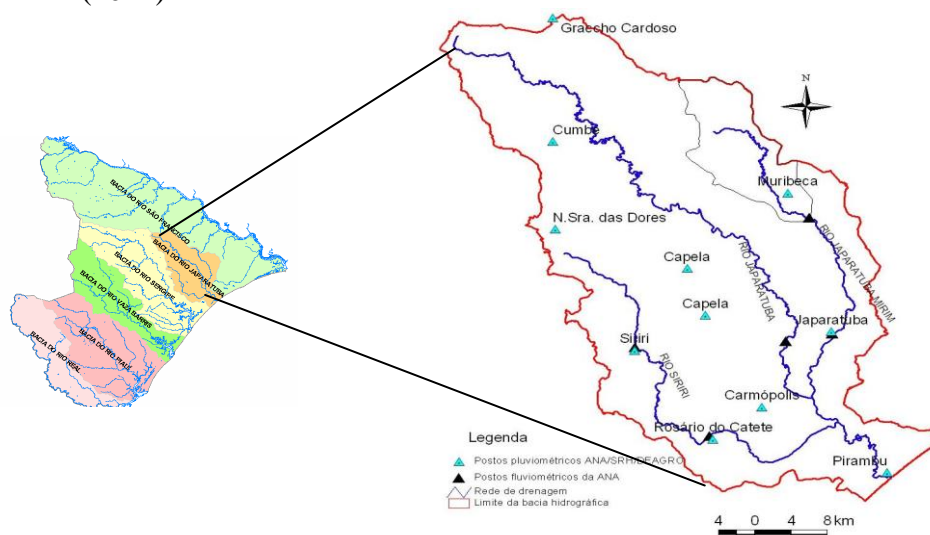


Figura 1 – Bacia do Rio Japaratuba

#### b) Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá

A bacia está localizada em Pernambuco, com coordenadas geográficas 35° 30' 00" e 35° 5' 00" de longitude oeste e 8° 13' 00" e 7° 58' 30" de latitude sul (Figura 2). Esta bacia é integrante da Rede de Hidrologia do Semiárido (REHISA), com área total de 471,34 km<sup>2</sup> e composta por doze sub-bacias sendo as principais formadas pelos riachos Itapessirica, Natuba, Gameleira e Várzea do Una. Abrange seis municípios: Vitória de Santo Antão, Pombos, São Lourenço da Mata, Gravatá, Moreno e Chã Grande (REHISA, 2004).

Os solos predominantes na bacia são o Argissolo Vermelho Amarelo seguido do Argissolo Amarelo. Há também, em menor proporção, Gleissolo, Luvisolo, Neossolo Quartzarênico, Neossolo Regolítico e Latossolo Amarelo. A bacia apresenta áreas tanto da zona da mata úmida como do agreste subsumido. É constituída por remanescentes da mata atlântica e alguns remanescentes de caatinga na parte sudoeste da bacia (Duarte et al., 2007).

Segundo Braga (2001), a bacia hidrográfica do rio Tapacurá configura-se com policultura e a horticultura ocupam 37 % da área, seguidas pela pecuária (30,2%) e pela cana-de-açúcar que ocupa 12,45% da área da bacia. Em menor proporção, as granjas e chácaras ocupam 7,8%, a cobertura vegetal, esta dividida em mata, caatinga, capoeira e áreas de reflorestamento, ocupa 6,4%, e as áreas urbanas ocupam 5,6 % da área total da bacia.

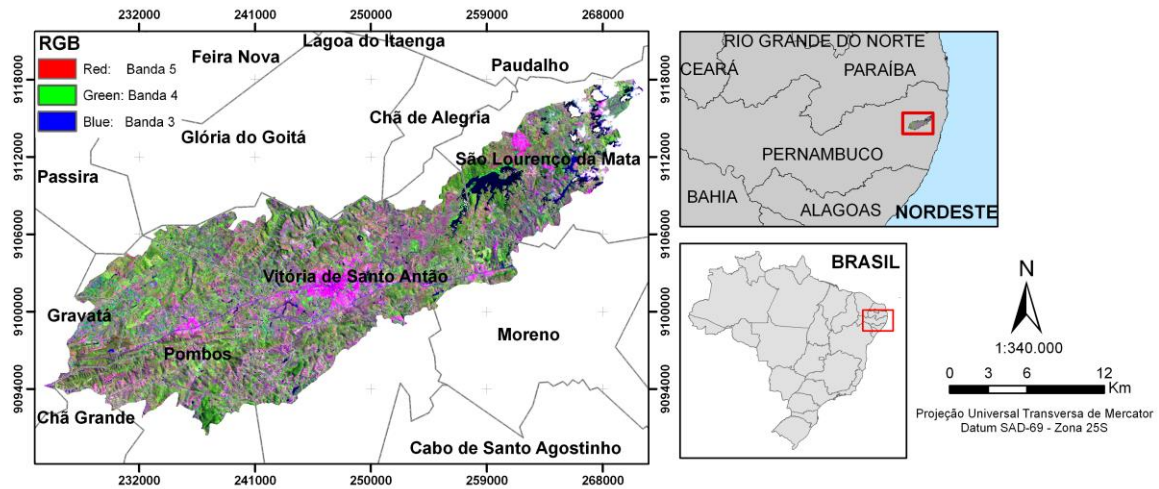


Figura 2. Localização da Bacia Hidrográfica do rio Tapacurá - PE

A Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária - IPA possui uma estação meteorológica, coletando dados de precipitação pluviométrica desde 1952. O período chuvoso acontece entre março e julho com precipitação média anual é de 1.047mm.

### c) Bacia Representativa do Alto Ipanema

Esta localizada no Estado de Pernambuco na mesorregião Agreste. A Bacia Experimental do Mimoso é uma sub-bacia da Bacia representativa do Alto Ipanema (Figura 3), que é uma das sub-bacias em estudo pela Rede de Hidrologia do Semiárido (REHISA), ocupa uma área de 194,82 km<sup>2</sup> e encontra-se entre os quadrantes 8° 34' 17" e 8° 18' 11" de Latitude Sul, e 37° 1' 35" e 36° 47' 20" de Longitude Oeste. O vale aluvial se localiza ao longo do terraço aluvial do rio Ipanema em uma estreita faixa, é limitado por encostas do embasamento cristalino, relativamente raso, abrangendo 100 ha (FONTES JÚNIOR et al., 2012a; FONTES JÚNIOR et al., 2012b)

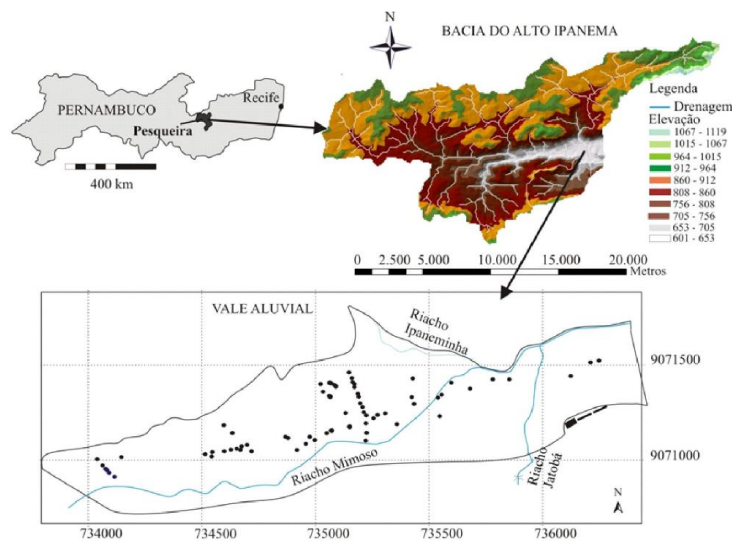


Figura 3. Mapa da localização da Bacia do alto Ipanema e do vale aluvial

O monitoramento hidrológico da bacia é realizado por 10 pluviômetros automáticos e uma estação agroclimatológica Campbell, uma estação fluviométrica HIDROMECC, 2 levelloggers e 1 barelogger para monitorar a variação do nível freático, lisímetros de pesagem e drenagem, tanques evapormétricos (Fig. 4).



Figura 4. Estação total do Vale. Fazenda Nossa Sr.<sup>a</sup> do Rosário e estação fluviométrica

## RESULTADOS PARCIAIS

Estudos de geoprocessamento, ampliação de monitoramento hidrológico, e detalhamento instrumental estão sendo realizados. Estudos experimentais em ciência do solo, fluviometria, sedimentologia estão em curso, bem como nos padrões temporais de variáveis agroclimatológicas. Foram adquiridos novos pluviômetros automáticos, sensores de nível e de pressão, de modo a incrementar a densidade de informação hidrológica. Estudos de geoprocessamento e de modelagem numérica estão em desenvolvimento, em particular utilizando o modelo Soil and Water Assessment Tool - SWAT (NEITSCH et al., 2005; WINCHELL et al., 2010).

Análises hidrológicas comparativas estão em desenvolvimento. Nas Figuras 5 a 7 estão apresentados resultados de medições de precipitação e evapotranspiração nas bacias representativas, podendo-se notar a elevada variabilidade temporal e espacial entre elas.

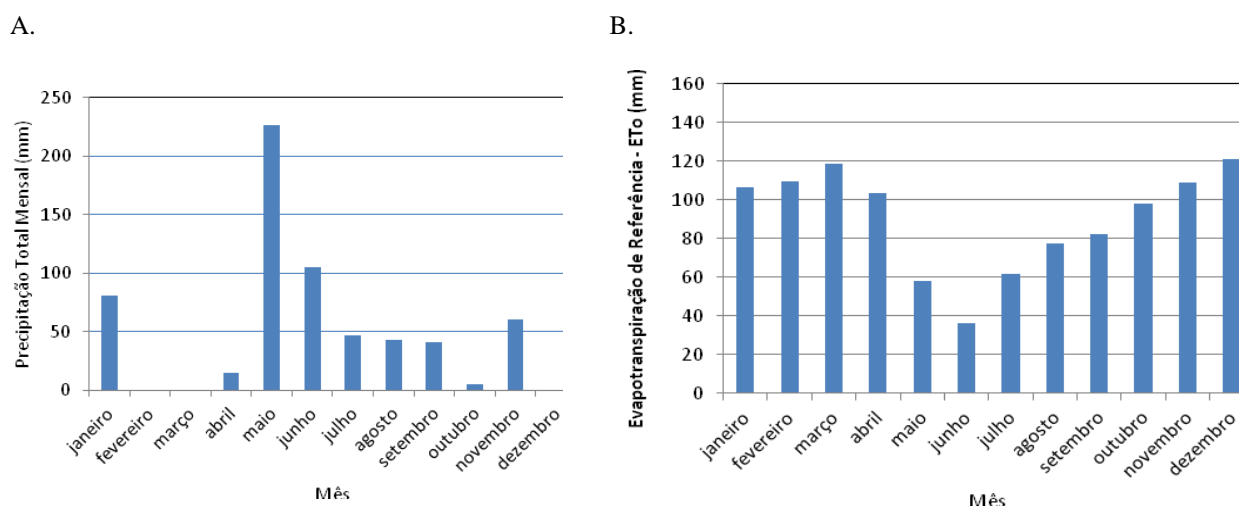


Figura 5. Precipitação Total na Bacia do Jatoba (A) e Evapotranspiração total na Bacia (B) no ano de 2011.

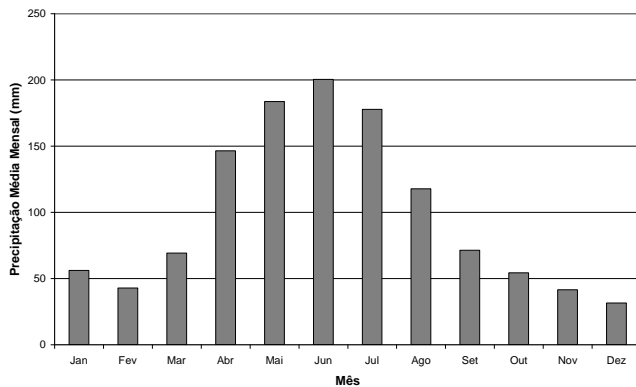


Figura 6A - Precipitação média mensal no médio Japarutuba (Faz. Pirangi-01037078) Fonte: ANA (2002)

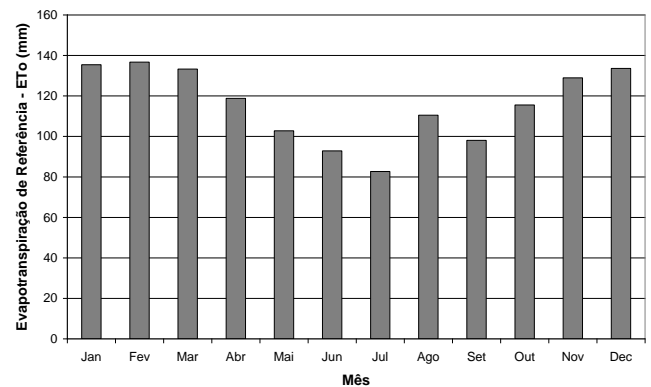


Figura 6B – Evapotranspiração de referência média mensal para a bacia do rio Japarutuba (adaptado de Medeiros e Costa, 2004)

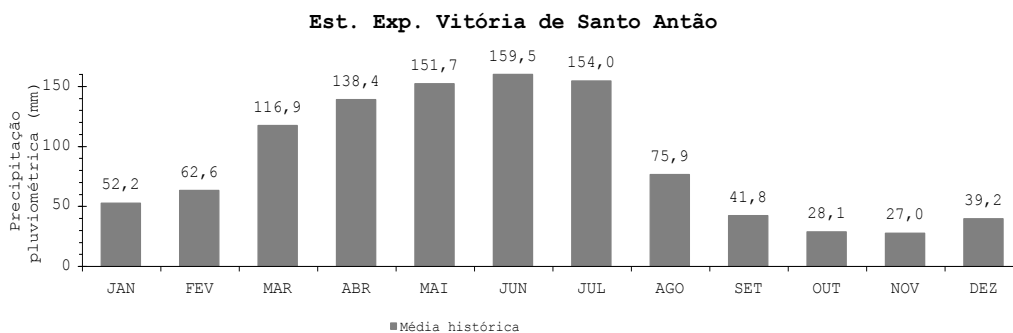


Figura 7. Distribuição de precipitação pluviométrica na estação do IPA (Fonte: REHISA, 2004)

## REFERÊNCIAS

ARAGÃO, R; ALMEIDA, J. A. P.. (2009). Avaliação Espaço Temporal do Uso do Solo na Área da Bacia do Rio Japarutuba - Sergipe Através de Imagens LANDSAT. In: Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. NATAL-RN : INPE, v. 1. p. 1231-1238.

ARAGÃO, R.; FIGUEIREDO, E.E.; SRINIVASAN, V.S. (2010). Runoff And Sediment Yield Evaluation In The Japarutuba-Mirim River Basin/Brazil With The Kineros2 Model In: Proceedings of the 17th Congress of the Asia and Pacific Division of the International Association of Hydraulic Engineering and Research incorporating the 7th International Urban Watershed Management Conference. AUCKLAND, NEW ZEALAND: IAHR-AIRH, 2010. v.1. p.1 - 10

BRAGA, R. A. P. (2001) Gestão ambiental da bacia do rio Tapacurá – Plano de ação. UFPE/CTG/DECIVIL/GRH, apoio FINEP e FACEPE, Recife, 2001, 101 p.

DUARTE, C. C.; GALVÍNICO, J. D.; CORRÊA, A. C. B.; ARAÚJO, M. S. B. Análise Fisiográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá. *Revista de Geografia*, v. 24, n. 2, p. 50-64, mai/ago, 2007.

FONTES JÚNIOR, R. V. P; MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS, T. E. M. (2012a). Estabilidade temporal da potenciometria e da salinidade em vale aluvial no

semiárido de Pernambuco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, pp. 1188-1197.

FONTES JÚNIOR, R. V. P. ; MONTENEGRO, A. A. A. ; OLIVEIRA, M. J. P. M. ; FERREIRA, J. P. C. L. (2012b). Balanço hídrico sequencial diário em vale aluvial e bacia representativa do semiárido utilizando o modelo BALSEQ\_MOD. In: *Anais do XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*, João Pessoa, 2012.

FONTES, A. L (1997). *Caracterização da bacia do Rio Japarutuba (SE)*. Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas/Universidade Estadual Paulista, 1997. (Tese de Doutorado em Geografia).

MEDEIROS, R. M.; COSTA, O. A. Estimativa da Evapotranspiração de Referência Mensal Para o Estado de Sergipe. In: XIII Congresso de Meteorologia, 2004, Fortaleza. 1 CD ROM. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2004.

NEITSCH, S. L.; ARNOLD, J.G; KINIRY, J.R.; WILLIAMS, J. R. (2005). Soil and Water Assessment Tool – Theoretical Documentation – version 2005. USDA Agricultural Research Service.

REHISA. Relatório Final da Caracterização das bacias exp. do semiárido, IBESA – Implantação de bacias exp. do semiárido para o desenvolvimento de metodologias de avaliação dos balanços hídricos e energéticos em diferentes escalas temporais e espaciais. Projeto integrado UFRN-UFC-UFPB-UFCG-UFRPE-UFPE-UFBA, 2004, 143 p.

SEMARH (2011). *Atlas Digital de Recursos Hídricos*. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Sergipe: Superintendência de Recursos Hídricos, 2011.

SHUMANN, S.; SCHAMALZ, B.; MEESENBURG, H.; SCHRÖDER, U. (2010) Status and Perspectives of Hydrology in Small Basins – Results and recommendations of the International Workshop in Goslar-Hahnenklee, Germany, 2009 and Inventory of Small Hydrological Research Basins. *IHP – International Hydrological Programme of UNESCO and HWRP – Hydrology and Water Resources Programme of WMO*, Koblenz, 2010.

WINCHELL, M.; SRINIVASAN, R.; DI LUZIO, M.; ARNOLD, J. (2010). ARCSWAT interface for SWAT2009 - user's guide. USDA Agricultural Research Service.